

Neue Studie: „Internes Rauschen“ und vulkanische Einflüsse können innerhalb weniger Jahrzehnte eine Erwärmung um 10 bis 15 °C auslösen.

geschrieben von Chris Frey | 7. März 2026

[Kenneth Richard](#)

Klimaveränderungen, die durch „natürliche Klimaschwankungen ohne äußere Einflüsse“ verursacht werden, können um mehr als eine Größenordnung größer sein als die Klimaveränderungen, die üblicherweise auf anthropogene Einflüsse zurückgeführt werden.

In einer neuen [Studie](#) haben Wissenschaftler versucht, die Zusammenhänge zu identifizieren, welche die zahlreichen historischen [Klimaveränderungen](#) in Grönland (vor etwa 80.000 bis 11.700 Jahren) erklären, die „innerhalb von ein oder zwei Jahrzehnten“ zu Temperaturanstiegen von 10 bis 15 °C führten.

Das wärmere Klima in Grönland hielt über Jahrhunderte an, und das Schmelzwasser der Eiskappe trug während dieser [interstadialen](#) Perioden zu einem Anstieg des [Meeresspiegels](#) um 20–40 m bei.

Die abrupten Klimaveränderungen in Grönland wurden wahrscheinlich durch Veränderungen in der Wärmespeicherung der Ozeane ausgelöst, die mit der Atlantischen Meridionalen Umwälzströmung (AMOC) zusammenhängen und wiederum durch vulkanische Einflüsse und spontane, zufällige „interne Variabilität“ oder „Rauschen“ verursacht wurden.

„... die AMOC kann allein aufgrund interner Störungen spontane Übergänge zwischen diesen [Klimazuständen] durchlaufen.“

„... ungezwungene natürliche Klimavariabilität kann die Wahrscheinlichkeit eines Übergangs unter vulkanischer Einwirkung modulieren.“

Vulkanismusbedingter Zusammenbruch und Erholung der atlantischen meridionalen Umwälzzirkulation unter glazialen Bedingungen

Guido Vettoretti^{1*}, Ruel-Jia Hu², Ingo Bethke³, Kirstin Krüger^{4,5}, Michael Sigl^{4,6}, Stephen Outten⁷, Jaime Lin¹, Roman Nuterman¹, Anders Svensson¹, Peter Ditlevsen¹, Markus Jochum¹

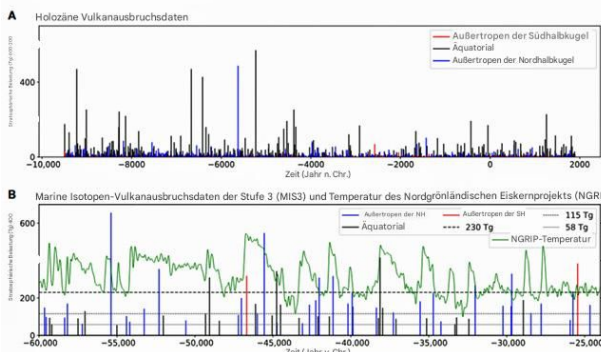


Abb. 1. Aufzeichnungen explosiven Vulkanismus während (A) der Holozäne (4) und (B) MIS 3 (45) mit Temperaturen des North Greenland Ice Core Project (NGRIP) in Grön (°C) (11). Horizontale gestrichelte Linien stellen die vulkanischen Antriebsstärken in den CCSM-Simulationen dieser Studie dar.

Diese Studie stellt die Hypothese auf, dass einige der großräumigsten schnellen Klimaschwankungen, die auf Jahrtausend-Zeitskalen im MIS 3-Eisernanalysen aus Grönland zeigen, durch vulkanische Ereignisse (atomische Temperaturerhöhungen von 10 bis 15 °C innerhalb von nur ein bis zwei Jahren) mit sich brachten (2). D-O-Ereignisse, die als Schlüsselkomponente von Klimaschwankungen im Jahrtausendmaßstab und stehen vermutlich in Zusammenhang mit Verschiebungen zwischen schwachen und starken Zuständen der Atlantischen Meridionalen Umwälzzirkulation (AMOC) (3). Diese oft raschen Übergänge in der Ozeanzirkulation gelten weiterhin als Hauptantriebskraft der glazialen Klimavariabilität im Jahrtausendmaßstab, die ein herausragendes Merkmal der Glazial-Interglazial-Zyklen des späten Quartärs darstellt. Die zugrunde liegenden Mechanismen, die diese großräumigen D-O-Dezitationen antreiben, sind eng mit Veränderungen verbunden in den Meereszirkulationen und der Wärmespeicherung (4), die oft als Klimakipppunkte charakterisiert werden (5).

Vulkanausbrüche haben erhebliche Auswirkungen auf das Klima. Wenn und wie vulkanische Aktivität das Klima beeinflussen könnte, untersuchen wir, wie vulkanische Aktivität die atlantische meridionale Umwälzzirkulation (AMOC) beeinflussen könnte. Unsere Ergebnisse zeigen, dass sehr große äquatoriale Umwälzzirkulationen über atmosphärische und ozeanische Einflüsse das Klimasystem zwischen anhaltenden warmen und ungestörten Klimazuständen verschieben, insbesondere wenn sich das System einem Kippunkt nähert. Die Dynamik zeigt, wie eine vereinfachte natürliche Klimaausbrüche das Klima beeinflussen können.

Kaltadiale waren durch eine ausgedehnte winterliche Meereisbedeckung im hochbreiten Nordatlantik gekennzeichnet, die sich oft bis in die Biskaya erstreckte (11). Während dieser Kaltzeiten transportierte die Atlantische Ozean weiterhin Wärme und Salz in die hohen nördlichen Breiten (8). Diese Wärme konzentrierte sich jedoch größtenteils auf die tieferen Wasserschichten unter dem ausgedehnten Meereis und der starken Halokline in der Labrador-, Grönland-, Irming- und Norwegischen See (zusammenfassend als Labradorsee und Grönland-, Norwegische und Irmingsee (GIN-See) bezeichnet) (12, 13). Über Jahrhunderte sammelte sich diese Wärme in den oberen hundert Metern des Ozeans an und erhöhte so allmählich den Wärmegehalt der Wassersäule (14, 15). Schließlich erreichte diese Ansammlung einen kritischen Schwellenwert, der eine plötzliche Destabilisierung des Nordatlantiks in hohen Breiten und damit eine Internatradialeperiode auslöste (12–14). Die abrupte Freisetzung der gespeicherten ozeanischen Wärme in die Atmosphäre leitete eine rasche Erwärmungsphase ein (4, 16, 16), die die Tiefenkonvektion in ehemals eisbedeckten Gebieten wieder belebte (14) und so die AMOC effektiv neu startete und den nordwärts gerichteten Wärmetransport verstärkte. Diese Erwärmung in hohen nördlichen Breiten erzeugte eine verstärkende Rückkopplung (z. B. Meereis-Albedo-Rückkopplung), die die Erwärmung in hohen Breiten weiter beschleunigte (4, 15, 16).

Es gab mehrere theoretische Studien mit einfachen Modellen, die zeigen, dass D-O-Ereignisse Teil einer internen Klimaschwingung sind, die durch Antriebs- und/oder Rauschprozesse beeinflusst wird (27–30). Theoretisch wurden D-O-Ereignisse als Merkmal einer vereinfachten mathematischen Struktur (eines nichtlinearen dynamischen Systems) vorgeschlagen, die eine Grundlage für das komplexe Klimasystem unter glazialen Bedingungen bildet (19, 31–33).

Große Vulkanausbrüche können erhebliche Mengen an Asche, Staub und Schwefeldioxid (SO₂) in die Stratosphäre schleudern, wo sie Schwefelsäuretröpfchen (H₂SO₄ und H₂O) bilden, die mehrere Jahre bestehen bleiben können. Diese vulkanischen Aerosole reflektieren einfallende kurzwellige Strahlung, was zu einer Abkühlung der Erdoberfläche führt (52, 53). Die Strahlungseffekte vulkanischer Aktivität auf die moderne interannuelle Klimavariabilität wurden gut untersucht (10), einschließlich ihres Einflusses auf Klimamuster wie die El Niño Southern Oscillation (ENSO) (54–58).

Es ist bekannt, dass der Einfluss des Vulkanismus auf die Ozean-Atmosphäre-Dynamik über unmittelbare Kühleffekte und/oder Veränderung des Wärmegehalts der Ozeane und die Zunahme von Meereis und Gletschern (verstärkt durch Albedo-Rückkopplungen) hinausgeht, beispielsweise im Zusammenhang mit der Entstehung der Kleinen Eiszeit (60–64) und der heutigen Klimavariabilität (65,66). Die multidekadische Variabilität des Ozeanklimas kann sowohl durch kumulative vulkanische Aktivität großer Ausbrüche als auch durch singuläre

über verschiedene Zeitskalen hinweg, es bleibt jedoch unklar, wie sich diese Veränderungen über mehrere Jahrtausende auswirken. Hier beziehen wir realistische gekoppelte Atmosphäre-Ozean-Modellsimulationen ein. Diese Simulationen helfen dabei, den Zeitpunkt vergangener großer Vulkanausbrüche abzuschätzen. Wir haben abrupte Klimaveränderungen während der letzten Eiszeit ausgelöst, die große Veränderungen in der atlantischen meridionalen Zirkulation und den Auftriebsflüssen zwischen Luft und Meer hervorgerufen können, potenziell auch kalte Zustände, die Jahrtausende andauern. Eine vereinfachte Sichtweise der Variabilität kann Jahrzehnte nach einem

sehr großen Ausbruch einen stabilisierenden Einfluss ausüben. Die vulkanische Abkühlung erhöht die Ausdehnung des eisigen Meereis, was die hohen Breiten weiter abkühlt und das Meereswachstum verstärkt (63, 67).

Klimasimulationen, die holozäne vulkanische Antriebe einbeziehen, zeigen, dass 11 mehrhundertjährige Kaltzeiten auf der Nordhalbkugel mit einer Häufung erhöhter vulkanischer Aktivität korrelieren (74). Die Häufung vulkanischer Ereignisse induziert Perioden mehrdekadischer Abkühlung (63, 68, 69, 75) und kann die Klimavariabilität auf der hundert- und tausendjährigen Zeitskala beeinflussen (74). Das in den Simulationen periodischer vulkanischer Antriebe beobachtete Verhalten scheint probabilistisch Natur zu sein. Während des langsame Abklingens des D-O-Internatradials über Jahrtausende können sich verstärkende Klimabedingungen, die mit der internen Klimavariabilität verbunden sind, zu Zuständen im Dekadalmaßstab führen, in denen die AMOC ungewöhnlich stark ist. In solchen Fällen kann das System weniger oder gar keine Reaktion auf einen angewandten vulkanischen Antriebe zeigen. Dies deutet darauf hin, dass die Reaktion des Klimasystems auf vulkanische Störungen nicht deterministisch ist, sondern vielmehr vom Hintergrundzustand und der internen Variabilität (d. h. „Rauschen“) zum Zeitpunkt des Ausbruchs abhängt.

Es wird angenommen, dass das modellierte Klimasystem zwei quasi-stabile Zustände aufweist: einen, der durch eine starke AMOC gekennzeichnet ist, und einen anderen, der durch eine schwächere AMOC gekennzeichnet ist – ein Konzept, das in letzter Zeit in Zusammenhang mit dem anthropogenen Klimawandel viel Aufmerksamkeit erregt hat (8). Dynamische Systeme, die die AMOC modellieren, können allein aufgrund von internen Rauschen oder stochastischen Störungen spontane Übergänge zwischen diesen Zuständen durchlaufen (91).

Ein weiteres konzeptionelles Merkmal ist, dass während des späten Holozäns, wenn das System am anfälligsten für Kippvorgänge ist, viele Simulationen in vulkanischen Ensemble entweder keinen Übergang vollziehen oder sich nach einer anfänglichen Verschiebung hin zum kalten Zustand auf der multidekadischen Zeitskala vollständig erholen. Dieses Verhalten deutet darauf hin, dass die natürliche Klimavariabilität ohne äußere Einwirkung die Wahrscheinlichkeit eines Übergangs unter vulkanischer Einwirkung modulieren kann.

Nach einem sehr großen Vulkanausbruch erlebt der Planet ein Strahlungsdefizit, das mit einer ausgeprägten globalen Abkühlung in den ersten Jahren nach dem Ereignis zusammenfällt (Abb. S6). Diese Abkühlung ist eine direkte Folge der erhöhten atmosphärischen Aerosol (AAO) in der Atmosphäre, die hauptsächlich auf Sulfataerosole zurückzuführen ist, die in die untere Stratosphäre gelangen. Die globale Abkühlung ist auch mit Veränderungen im Wasserkreislauf verbunden, darunter eine trockenere Atmosphäre und verstärktes Meereiswachstum in hohen Breiten im Nordatlantik, wie weiter unten erläutert wird.

Quelle: [Vettoretti et al., 2026](#)

[Zum Vergrößern anklicken](#)

Im Gegensatz zu den dramatischen Klimaveränderungen, die mit Vulkanismus und „ungezwungener natürlicher Klimavariabilität“ verbunden sind, hat sich das heutige Grönland in den letzten 100 Jahren trotz der seit den 1980er Jahren vorhergesagten „anthropogenen Erwärmung“ **nicht** (netto) erwärmt.

Darüber hinaus hat die grönländische Eiskappe zwischen 1992 und 2020 nur 1,2 cm zum Anstieg des Meeresspiegels **beigetragen**. Dies ist weit entfernt von den Dutzenden Metern Schmelzwasser, die durch interne Klimavariabilität, vulkanische Einflüsse und/oder „Rauschen“ während der letzten Eiszeit zustande gekommen waren.

Link:

<https://notrickszone.com/2026/03/03/new-study-internal-noise-and-volcanic-forcing-can-trigger-10-15c-warming-within-decades/>

Übersetzt von Christian Freuer für das EIKE